

多成分金属クラスターイオンの生成と固体表面への担持

(コンボン研¹、豊田工大²) 冬木正紀¹、安松久登²、早川鉄一郎¹、近藤保²

近年の研究により、金属クラスターは金属結晶表面とは異なる触媒特性を持つことが明らかになりつつある。同様に、合金クラスターは合金結晶表面とは異なる触媒特性をもたらすことが期待される。一方、クラスターと固体表面の相互作用もその触媒特性を決定する重要因子である[1, 2]。これらの点に着目して、我々は固体表面に担持された多成分金属クラスターの化学反応性を調べるための装置を開発してきた。本発表では、主としてクラスターイオン源およびクラスターイオン冷却装置の性能評価に関して結果を報告する。

図1に装置の概略図を示す。装置は、2つのマグネトロンスパッタ銃を備えたクラスターイオン源、八重極イオンガイド、中性・イオン分別器(四重極ディフレクター)、四重極質量選別器、クラスターイオン冷却装置(衝突セル)、差動排気室、固体表面担持・調製・分析室から構成される。多成分金属クラスターイオンは、異なる金属ターゲットを備えた二つのマグネトロンを同時に稼動することにより生成される。クラスター正イオンを八重極イオンガイドを用いて四重極ディフレクターへ導き、中性および負イオンから分別する。そして、四重極質量選別器を通過させることで、特定の組成を持つクラスター正イオンのみを選別する。組成選別されたクラスター正イオンを約100 KのHeと衝突させることにより、その運動エネルギー分布幅を狭める。衝突セルおよび差動排気室内では、クラスターイオンは八重極イオンガイドにより出口まで導かれる。クラスターイオンの強度は、衝突セルの出口に設置された検出板によりイオン電流として絶対値を測定した。また、クラスターイオンの並進運動エネルギーは折り返し電場法により測定した。

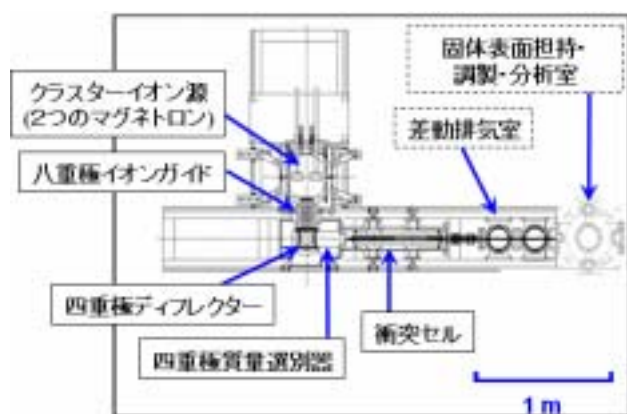


図1. 固体表面担持多成分金属クラスター反応解析装置の概略図。

図2にAg-Cu合金クラスター正イオン($Ag_nCu_m^+$, $n=1-11$, $m=0-2$)の質量スペクトルを示す。Cuターゲットを備えたマグネトロンに供給する電力の増加に伴い、 Ag_n^+ の強度は減少し、 $Ag_nCu_m^+$ の強度は増加する。また、Cu原子の数(m)が0から2へと増加する。さらに、魔法数($n+m=9$)のクラスター正イオンは前後のサイズのクラスター正イオンよりも強度が大きい。この結果を基にして、Ag-Cuクラスター正イオンの電子構造に対してJelliumモデルを適用するこ

とにより、魔法数の Ag-Cu クラスタ正イオンは 8 個の価電子を含んだ電子閉殻構造を持つと考えられる。

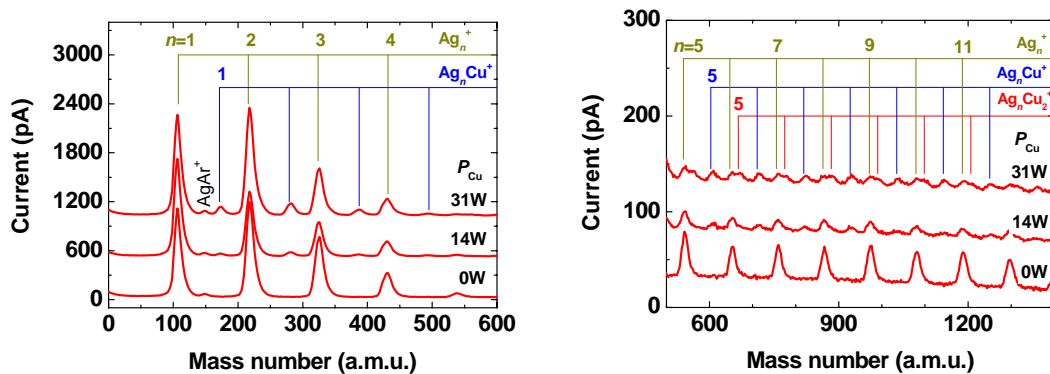


図 2. Ag-Cu 合金クラスター正イオンの質量スペクトル。 P_{Cu} は Cu ターゲットを取り付けたマグネトロンに供給した電力を表す。Ag ターゲットのマグネトロンには 100 W の電力を供給した。

図 3 に Ag_{44}^+ の並進運動エネルギー分布を示す。衝突セル内の He の圧力および八重極イオンガイドの中心バイアス電圧を調整することにより、並進運動エネルギー分布幅 (FWHM) は 0.3 eV (1 原子当たり 0.01 eV 以下) と小さくなった (図 3(b)参照)。固体表面に対するクラスターイオンの並進運動エネルギーを小さくすることにより、固体表面に対する衝突の影響を小さくすることが出来る[3]。また、並進運動エネルギーの分布幅を狭めたことにより、均質な幾何構造を持つクラスターを固体表面上に調製することが出来る。

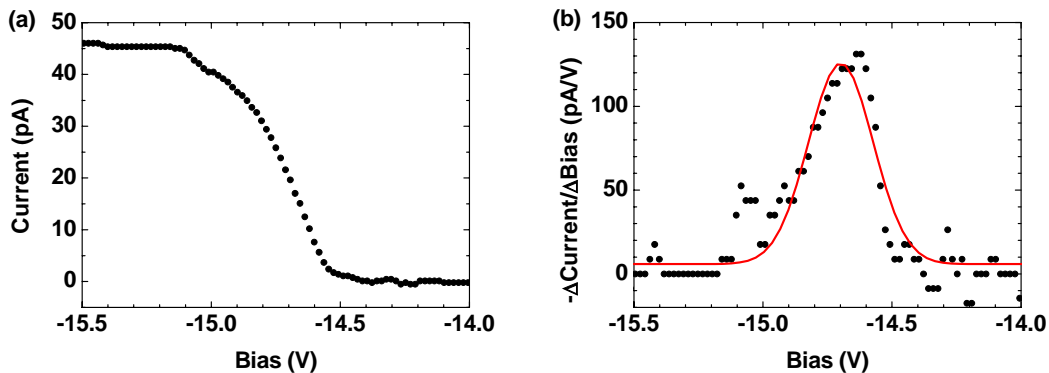


図 3. Ag_{44}^+ の (a) イオン電流値と (b) 検出板に掛ける電圧値 (bias) に関する電流値の差分。実線はガウス関数を用いて、実験結果を回帰した曲線を表す。

- [1] H. Yasumatsu et al., *J. Chem. Phys.* 123 (2005) 124709.
- [2] G. Barcaro and A. Fortunelli, *J. Phys. Chem. C* 111 (2007) 11384.
- [3] H. Yasumatsu and T. Kondow, *Rep. Prog. Phys.* 66 (2003) 1783-1832.